

Attorney Docket # 5367-71

Express Mail #EV410260108US  
Patent

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Application of

Peter BRICK et al.

Serial No.: n/a

Filed: concurrently

For: Semiconductor Laser and Optically  
Pumped Semiconductor Device

**LETTER TRANSMITTING PRIORITY DOCUMENT**

Mail Stop **Patent Application**

Commissioner for Patents

P.O. Box 1450

Alexandria, VA 22313-1450

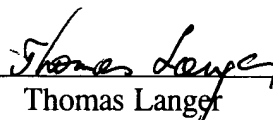
SIR:

In order to complete the claim to priority in the above-identified application under 35 U.S.C. §119, enclosed herewith are the certified documentation upon which the priority claim is based as follows:

Application No. **103 08 919.5**, filed on February 28, 2003, in Germany,  
Application No. **103 21 246.9**, filed on May 12, 2003, in Germany,

Respectfully submitted,  
COHEN, PONTANI, LIEBERMAN & PAVANE

By



Thomas Langer

Reg. No. 27,264

551 Fifth Avenue, Suite 1210

New York, New York 10176

(212) 687-2770

Dated: March 1, 2004



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 21 246.9

**Anmeldetag:** 12. Mai 2003

**Anmelder/Inhaber:** Osram Opto Semiconductors GmbH,  
93049 Regensburg/DE

**Bezeichnung:** Halbleiterlaser und optisch gepumpte  
Halbleitervorrichtung

**Priorität:** 28.02.2003 DE 103 08 919.5

**IPC:** H 01 S 5/34

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 13. Januar 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, likely belonging to the President of the German Patent and Trade Mark Office.

Wallner

Beschreibung

Halbleiterlaser und optisch gepumpte Halbleitervorrichtung

5 Die Erfindung bezieht sich auf einen Halbleiterlaser nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 sowie eine optische gepumpte Halbleitervorrichtung nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 5 bzw. des Patentanspruchs 7.

10 Eine optisch gepumpte Halbleitervorrichtung ist beispielsweise aus DE 100 26 734 bekannt. Hierin ist eine optisch gepumpte oberflächenemittierende Halbleitervorrichtung mit einer strahlungserzeugenden Quantentopfstruktur und einer Pumpstrahlungsquelle zum  
15 optischen Pumpen der Quantentopfstruktur beschrieben, wobei die Quantentopfstruktur und die Pumpstrahlungsquelle auf einem gemeinsamen Substrat epitaktisch aufgewachsen sind.

Bei derartigen optisch gepumpten Halbleitervorrichtungen ist  
20 für einen effizienten Betrieb eine präzise Einkopplung der Pumpstrahlung in die Quantentopfstruktur erforderlich. In dieser Hinsicht ist eine laterale Begrenzung der Pumpstrahlungsquelle vorteilhaft, die die Erzeugung der Pumpstrahlung auf einen Bereich beschränkt, von dem aus die  
25 Pumpstrahlung möglichst vollständig in die Quantentopfstruktur eingekoppelt werden kann.

Falls Quantentopfstruktur und Pumpstrahlungsquelle voneinander beabstandet angeordnet sind, kann die Führung der  
30 Pumpstrahlung von der Pumpstrahlungsquelle zur Quantentopfstruktur mittels eines Wellenleiters vorteilhaft sein. Hierzu können beispielsweise Wellenleiter herangezogen werden, in denen die Ausbreitung der Pumpstrahlung durch Index-Führung festgelegt ist. Weiterhin kann eine Index-  
35 Führung zur lateralen Begrenzung der Pumpstrahlungsquelle eingesetzt werden. Einen Spezialfall der Indexführung im Rahmen der Strahlenoptik stellt die Totalreflexion dar.

Als Pumpstrahlungsquelle eignen sich insbesondere Pumplaser, deren Wellenlänge exakt auf die optimale Pumpwellenlänge abgestimmt werden kann. Hierbei ist ebenfalls eine laterale  
5 Begrenzung, insbesondere des Laserresonators, auf eine zur Einkopplung in die Quantentopfstruktur vorteilhafte Breite zweckmäßig.

10 Allerdings besteht zum Beispiel bei Wellenleiterstrukturen, die auf Index-Führung beruhen, die Gefahr, daß infolge von Inhomogenitäten der Wellenleitergrenzflächen oder Abweichungen von einer vorgegebenen idealen Wellenleitergrenzfläche, die beispielsweise fertigungsbedingt sein können, die Indexführung gestört wird, so daß Strahlung  
15 aus dem Wellenleiter austreten kann. Dadurch können Verluste der Pumpstrahlung entstehen, die zu einer Verschlechterung der Effizienz der optisch gepumpten Halbleitervorrichtung bzw. einer Verringerung der optischen Ausgangsleistung führen können.

20

Bei Halbleiterlasern ist zur lateralen Begrenzung des Resonators eine sogenannte Indexführung sowie eine sogenannte Gewinnführung bekannt. Hierbei wird der Brechungsindex bzw.  
25 die Verstärkung in lateraler Richtung derart variiert, daß das Laserstrahlungsfeld nur in einem streifenartigen Bereich vorgegebener Breite erzeugt bzw. verstärkt wird. In der Regel sind derartige Strukturen mit einer Index- oder Gewinnführung jedoch nur für geradlinige Resonatoren geeignet.

30 Die genannten Probleme werden weiter verschärft, wenn die Pumpstrahlungsquelle, insbesondere in Form eines Pumplasers, gewinkelt oder gekrümmt ausgeführt ist. Eine derartige gewinkelte oder gekrümmte Formgebung kann beispielsweise vorteilhaft sein, wenn mehrere Pumpstrahlungsquellen die  
35 Quantentopfstruktur pumpen und eine geradlinige Zuführung der Pumpstrahlung zur Quantentopfstruktur - beispielsweise aus Platzgründen - nicht möglich ist. Insbesondere in dem Bereich

der Abwinkelung oder Krümmung eines Wellenleiters bzw. einer Pumpstrahlungsquelle können dabei Strahlungsverluste auftreten, die die Effizienz des Bauelements beeinträchtigen.

- 5 Als Alternative zu totalreflektierenden Wellenleitern ist bekannt, sogenannte photonische Bandstruktur-Elemente zu verwenden. Diese Elemente weisen eine eindimensional, zweidimensional oder dreidimensional gitterartige Anordnung von Materialien mit unterschiedlichem Brechungsindex auf, 10 wobei die Gitterkonstanten so gewählt sind, daß für elektromagnetische Wellen eine Bandstruktur mit einer Bandlücke entsteht. Die Bandstruktur einer solchen gitterartigen Anordnung ist in gewisser Hinsicht vergleichbar mit der Bandstruktur eines Halbleiterkristallgitters für die 15 zugehörigen Elektronen-Wellenfunktionen: in beiden Fällen führt die Periodizität des umgebenden Gitters zu einer Relation zwischen dem Wellenvektor und der zugehörigen Energie mit mehreren (quasi-)kontinuierlichen Bereichen, den sogenannten Bändern, die durch sogenannte verbotene Bereiche oder Bandlücken voneinander getrennt sind. Wellenfunktionen 20 bzw. elektromagnetische Wellen, deren Energie in der Bandlücke liegt, sind innerhalb des Gitters nicht ausbreitungsfähig. Im Unterschied zu einem Kristallgitter wird bei einem photonischen Bandstruktur-Element die 25 gitterartige Anordnung nicht von einzelnen Atomen, sondern einer makroskopischen Anordnung dielektrischer Medien gebildet.

- Ein auf diesem Prinzip beruhender, gewinkelter optischer 30 Wellenleiter mit einem photonischen Bandstruktur-Element ist beispielsweise aus US 6,134,369 bekannt.

- Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Halbleiterlaser mit einer verbesserten lateralen Führung zu 35 entwickeln, der insbesondere zum optischen Pumpen einer Quantentopfstruktur geeignet ist. Weiterhin soll eine

verbesserte optisch gepumpte Halbleitervorrichtung geschaffen werden.

Diese Aufgabe wird durch einen Halbleiterlaser mit den  
5 Merkmalen des Patentanspruchs 1 sowie eine optisch gepumpte  
Halbleitervorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 5  
bzw. des Patentanspruchs 7 gelöst. Vorteilhafte  
Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen  
Ansprüche.

10

Bei einer ersten Ausführungsform der Erfindung ist ein  
Halbleiterlaser mit einem Halbleiterkörper vorgesehen, der  
eine periodische Anordnung von Ausnehmungen aufweist oder in  
dem eine periodische Anordnung von Halbleiterbereichen  
15 gebildet ist, wobei die von dem Halbleiterlaser generierte  
Strahlung innerhalb dieser periodischen Anordnung nicht  
ausbreitungsfähig ist, und der Resonator des Halbleiterlasers  
in lateraler Richtung von der periodischen Anordnung  
ausgespart ist. Der Resonator wird also lateral durch die  
20 periodische Anordnung definiert, wobei die periodische  
Anordnung außerhalb des Resonators ausgebildet ist und den  
Resonator lateral begrenzt.

Vorzugsweise ist der Resonator mit einer gewinkelten oder  
25 gekrümmten Resonatorachse ausgebildet. Gegenüber bekannten  
Halbleiterlasern, etwa mit Index- oder Gewinnführung,  
zeichnet sich ein Halbleiterlaser nach der Erfindung durch  
geringe Strahlungsverluste aus. Weiterhin sind dadurch, daß  
der Resonator durch die Aussparung der periodischen Anordnung  
30 festgelegt wird, vielgestaltige Formgebungen des Resonators  
mit einem vorteilhaft geringen technischen Aufwand möglich,  
da lediglich in den Bereichen des Resonators keine  
Ausnehmungen im Halbleiterkörper ausgebildet werden.

35 Wesentlich ist für die Ausbildung des Gebiets, in dem die vom  
Halbleiterlaser generierte Strahlung nicht ausbreitungsfähig  
ist, in erster Linie eine gitterartige periodische Anordnung

von Zonen mit verschiedenem Brechungsindex. Hierzu können einerseits Ausnehmungen in periodischer Anordnung in einem Halbleiterkörper gebildet sein. Andererseits ist es ebenso möglich, Halbleiterbereiche selbst gitterartig periodisch anzuordnen, wobei diese Halbleiterbereiche durch geeignete Zwischenräume, beispielsweise eine zusammenhängende Ausnehmung, voneinander getrennt sind. Die zweite Variante stellt somit die Inversion der ersten Variante dar, indem die Halbleiterbereiche und die Ausnehmungen gegeneinander vertauscht werden. In beiden Fällen können bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung die Ausnehmungen bzw. Zwischenräume mit einem Füllmaterial, beispielsweise einem Dielektrikum oder einem anderen Halbleitermaterial, gefüllt sein, dessen Brechungsindex sich von dem Brechungsindex des Halbleiterkörpers unterscheidet.

Weiterhin ist im Rahmen der Erfindung eine optisch gepumpte Halbleitervorrichtung mit einem Vertikalemitter, der eine Quantentopfstruktur umfaßt, vorgesehen, wobei die Quantentopfstruktur des Vertikalemitters von mindestens einem erfindungsgemäßen Halbleiterlaser gepumpt wird. Aufgrund der genannten, vorteilhaft geringen optischen Verluste sind diese Halbleiterlaser als Pumpstrahlungsquelle für optisch gepumpte Halbleitervorrichtungen besonders geeignet.

Bevorzugt ist bei der Erfindung eine monolithisch integrierte Ausführung des Vertikalemitters mit Quantentopfstruktur und des Pumplasers, so daß also die zu pumpende Quantentopfstruktur und der Pumplaser auf einem gemeinsamen Substrat epitaktisch aufgewachsen sind.

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird die Quantentopfstruktur von mehreren Halbleiterlasern gepumpt, wobei mindestens einer der Pumplaser einen Resonator mit einer gewinkelten oder gekrümmten Resonatorachse aufweist. Aufgrund der lateralen Begrenzung durch die genannte periodische Anordnung von Ausnehmungen bzw.

Halbleiterbereichen können auch bei einer solchen gewinkelten oder gekrümmten Ausführung des Pumplasers die optischen Verluste vorteilhaft klein gehalten werden. Weiterhin ist hierbei eine vorteilhaft platzsparende Anordnung einer  
5 Mehrzahl von Pumplasern für die Quantentopfstruktur möglich.

Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist eine optisch gepumpte Halbleitervorrichtung mit einem Vertikalemitter, der eine Quantentopfstruktur umfaßt, und  
10 einer Pumpstrahlungsquelle, die Strahlung zum optischen Pumpen der Quantentopfstruktur erzeugt, vorgesehen, wobei die Pumpstrahlung mittels eines Wellenleiters, der lateral zumindest teilweise von einer periodischen Anordnung von Ausnehmungen oder Halbleiterbereichen so begrenzt ist, daß  
15 die Pumpstrahlung innerhalb dieser Anordnung nicht ausbreitungsfähig ist, in die Quantentopfstruktur eingekoppelt wird. Weiterhin kann durch die laterale Begrenzung des Wellenleiters durch die periodische Anordnung ein verlustarmer gewinkelter oder gekrümmter Wellenleiter  
20 realisiert werden.

Es versteht sich, daß im Rahmen der Erfindung die einzelnen Ausführungsformen auch kombiniert werden können, so daß beispielsweise als Pumpstrahlungsquelle ein erfindungsgemäßer  
25 Halbleiterlaser verwendet wird, dessen Pumpstrahlung mittels des oben beschriebenen, lateral von einer periodischen Anordnung von Ausnehmungen oder Halbleiterbereichen begrenzten Wellenleiters zu der Quantentopfstruktur geführt wird. Besonders bevorzugt ist eine derartige Vorrichtung mit  
30 einer optisch gepumpten Quantentopfstruktur, einem Wellenleiter und gegebenenfalls einem Pumplaser monolithisch integriert ausgeführt.

Weitere Merkmale, Vorzüge und Zweckmäßigkeiten der Erfindung  
35 ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung in Verbindung mit den Figuren 1 bis 7.



Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Aufsicht eines ein  
5 Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Halbleiterlasers,

Figur 2 eine schematische Aufsicht auf eines erstes  
Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen optisch gepumpten  
Halbleitervorrichtung,

10

Figur 3 eine schematische Schnittansicht des in Figur 2  
gezeigten Ausführungsbeispiels längs der Linie A-A,

15

Figur 4 eine schematische Schnittansicht des in Figur 2  
gezeigten Ausführungsbeispiels längs der Linie B-B,

20

Figur 5 eine schematische Aufsicht eines zweiten  
Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen optisch  
gepumpten Halbleitervorrichtung ,

Figur 6 eine schematische Aufsicht eines dritten  
Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen optisch  
gepumpten Halbleitervorrichtung und

25

Figur 7 eine schematische Aufsicht eines vierten  
Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen optisch  
gepumpten Halbleitervorrichtung.

30

Gleiche oder gleich wirkende Elemente sind in den Figuren mit  
denselben Bezugszeichen versehen.

35

Der in Figur 1 gezeigte Halbleiterlaser umfaßt einen  
Halbleiterkörper 1, in dem eine Mehrzahl von Ausnehmungen 2  
gebildet sind. Diese Ausnehmungen sind gitterartig periodisch  
angeordnet, wobei der Gitterabstand so gewählt ist, daß die  
von dem Halbleiterlaser generierte Strahlung innerhalb dieser  
Anordnung nicht ausbreitungsfähig ist. Der Abstand zwischen

zwei benachbarten Ausnehmungen liegt dabei bevorzugt in der Größenordnung der Wellenlänge der Laserstrahlung, zum Beispiel etwa im Bereich der halben Wellenlänge der Laserstrahlung oder einem Vielfachen hiervon. Maßgeblich für  
5 den Abstand ist die Wellenlänge im Halbleiterkörper, d.h. die optische Weglänge zwischen zwei benachbarten Ausnehmungen.

Einzelheiten hierzu können der genannten Druckschrift US 6,134,369 entnommen werden. Es versteht sich, daß die Figur 1  
10 nicht maßstabsgetreu ist und insbesondere Abstand und Größe der Ausnehmungen nicht maßstäblich wiedergibt. Weiterhin kann im Rahmen der Erfindung auch eine gitterartige Anordnung eines anderen Gittertyps, zweidimensional beispielsweise nach Art eines hexagonalen, rhombischen oder trigonalen Gitters  
15 vorgesehen sein. Entsprechendes gilt für eine dreidimensionale gitterartige Anordnung.

Der Resonator 3 des Halbleiterlasers ist als streifenförmiger Bereich ausgebildet, in dem die periodische Anordnung von  
20 Ausnehmungen unterbrochen ist. In diesem von der periodischen Anordnung ausgesparten streifenförmigen Bereich ist die zu generierende Laserstrahlung ausbreitungsfähig, so daß sich zwischen den als Resonatorspiegelflächen dienenden  
Seitenflächen 4 und 5 das Laserstrahlungsfeld aufbauen kann.

25

Die laterale Begrenzung des Resonators senkrecht zur Resonatorachse A-A wird also durch die jeweilige periodische Anordnung von Ausnehmungen gebildet, die für  
elektromagnetische Wellen eine Bandstruktur mit einer  
30 Bandlücke bildet, wobei die Gitterkonstante der periodischen Anordnung so gewählt ist, daß die Energie bzw. Wellenlänge der zu erzeugenden elektromagnetischen Wellen innerhalb der Bandlücke liegt. Damit wird eine effiziente und vorteilhaft verlustfreie seitliche Begrenzung des Halbleiterlasers  
35 realisiert.

In Figur 2 ist ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen optisch gepumpten Halbleitervorrichtung dargestellt. Wie bei dem in Figur 1 gezeigten Ausführungsbeispiel ist ein Halbleiterkörper 1 mit einer  
5 gitterartig periodischen Anordnung von Ausnehmungen 2 vorgesehen, wobei ein streifenartiger Bereich von den Ausnehmungen ausgespart ist und den Resonator 3 eines Halbleiterlasers bildet. Dieser Halbleiterlaser dient als Pumplaser 16 für eine optisch gepumpte, vertikal emittierende  
10 Quantentopfstruktur 7 eines Vertikalemitters 13, der in dem Laserresonator 3 angeordnet ist.

Die Breite des streifenartig ausgesparten Bereichs, der den Resonator des Pumplasers 16 bildet, ist dabei so bemessen,  
15 daß die generierte Pumpstrahlung 6 möglichst vollständig in die Quantentopfstruktur 7 eingekoppelt wird.

In Figur 3 ist ein Querschnitt dieser optisch gepumpten Halbleitervorrichtung längs der in Figur 2 gezeigten Linie A-A  
20 A dargestellt. Der Halbleiterkörper 1 ist in Form mehrerer Epitaxie-Schichten auf ein Substrat 8 aufgewachsen. Insbesondere umfaßt der Halbleiterkörper 1 eine strahlungsemitierende aktive Schicht 9.

25 Die Epitaxie-Schichten sind von einer Mehrzahl von Ausnehmungen 2 durchzogen, die senkrecht zur Oberfläche 8 des Substrats bzw. der Schichtebene der Epitaxie-Schichten verlaufen. Wie in Figur 2 dargestellt, sind diese Anordnungen in dieser Schichtebene periodisch gitterartig angeordnet und  
30 begrenzen lateral den Resonator 3 des Halbleiterlasers. Im Bereich des Resonators 3 ist oberseitig auf den Halbleiterkörper eine erste Kontaktmetallisierung 10 und gegenüberliegend auf der vom Halbleiterkörper abgewandten Seite des Substrats eine zweite Kontaktmetallisierung 11 zur  
35 elektrischen Versorgung des Halbleiterlasers ausgebildet. Es versteht sich auch hierbei, daß die Ausnehmungen, deren Abstand und die Breite des Resonators 3 im Vergleich zu den

Abmessungen und der Anordnung der Ausnehmungen nicht maßstabsgetreu dargestellt ist. Weiterhin können die Ausnehmungen auch in andere Richtungen verlaufen, die nicht zwangsläufig orthogonal zur Oberfläche des Substrats sein  
5 müssen.

In Figur 4 ist schematisch ein Längsschnitt durch die in Figur 2 dargestellte optisch gepumpte Halbleitervorrichtung entlang der Resonatorachse B-B dargestellt. Der  
10 Vertikalemitter 13 umfaßt eine Quantentopfstruktur 7 und eine in vertikaler Richtung nachgeordnete Spiegelstruktur 14, die vorzugsweise als Bragg-Spiegel ausgebildet ist. Die von dem Vertikalemitter erzeugte Strahlung 12 wird durch das Substrat 8 hindurch abgestrahlt. Vorzugsweise kann zur Ausbildung  
15 eines VECSEL (Vertical External Cavity Surface Emitting Laser) ein externer Spiegel 15 vorgesehen sein.

An den mittig ausgebildeten Vertikalemitter 13 schließt sich seitlich jeweils ein Bereich des Pumplasers 16 an. Der  
20 Pumplaser 16 umfaßt eine aktive Schicht 9, die zwischen einer ersten Wellenleiterschicht 13 und einer zweiten Wellenleiterschicht 14 angeordnet ist, wobei die beiden Wellenleiterschichten 13 und 14 in vertikaler Richtung einen Wellenleiter für den Pumplaser 16 bilden. Dieser Wellenleiter  
25 ist wiederum zwischen zwei in vertikaler Richtung nachgeordneten Mantelschichten 15 und 16 angeordnet.

Für eine effiziente Einkopplung der Pumpstrahlung ist es bei einer derartigen optisch gepumpten Halbleitervorrichtung  
30 besonders vorteilhaft, die Quantentopfstruktur 7 des Vertikalemitters 13 und die aktive Schicht 9 des Pumplasers in etwa in gleicher Höhe über der Substratoberfläche anzuordnen, wobei eine exakt gleiche Höhe vorteilhaft sein kann, aber nicht zwingend erforderlich ist. Hierfür ist bei  
35 dem Pumplaser 16 eine Pufferschicht 17 auf dem Substrat aufgewachsen, die unter anderem Höhenunterschiede zwischen der Quantentopfstruktur 7 und der aktiven Schicht 9 des

Pumplasers 16 ausgleicht. Als Resonatorspiegel dienen bei der gezeigten optisch gepumpten Halbleitervorrichtung jeweils die äußeren Seitenflächen 4 und 5 des Halbleiterkörpers 1.

5 Außerhalb des Resonators des Pumplasers 16 sind im Halbleiterkörper 1 Ausnehmungen 2 gebildet, die die Epitaxie-Schichten in vertikaler Richtung zum Substrat durchziehen und, wie in Figur 2 dargestellt, in der Schichtebene der Epitaxie-Schichten gitterartig periodisch derart angeordnet  
10 sind, daß die von dem Pumplaser 16 erzeugte Strahlung innerhalb dieser periodischen Anordnung nicht ausbreitungsfähig ist. Hierdurch wird die genannte, verlustarme und vorteilhafte laterale Begrenzung des Pumplasers 16 realisiert.

15

In Figur 5 ist ein zweites Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen optisch gepumpten Halbleitervorrichtung gezeigt. Dieses Ausführungsbeispiel entspricht im wesentlichen dem in Figur 2 gezeigten Ausführungsbeispiel mit  
20 dem Unterschied, daß ein Halbleiterlaser zum Pumpen eines Vertikalemitters 13 mit einer Quantentopfstruktur 7 vorgesehen ist, dessen Resonatorachse C-C abgewinkelt ausgebildet ist. Wiederum ist eine gitterartig periodische Anordnung von Ausnehmungen in dem Halbleiterkörper  
25 vorgesehen, die längs der Resonatorachse B-B in einem streifenartigen und gewinkelten Bereich ausgespart ist. Diese gitterartig periodische Anordnung von Ausnehmungen bildet wie bei dem vorigen Ausführungsbeispiel eine Bandstruktur mit einer Bandlücke, so daß die von dem Halbleiterlaser erzeugte  
30 Pumpstrahlung innerhalb der periodischen Anordnung nicht ausbreitungsfähig ist. Von besonderem Vorteil ist hierbei, daß auch bei der gezeigten gewinkelten Ausführung des Resonators eine verlustarme laterale Begrenzung mittels dieser periodischen Anordnung bzw. der entsprechenden  
35 Aussparung innerhalb des Resonatorbereichs ermöglicht wird.

In Figur 6 ist ein drittes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen optisch gepumpten Halbleitervorrichtung dargestellt, das einer Abwandlung des in Figur 5 gezeigten Ausführungsbeispiels entspricht. Wie bei dem letztgenannten Ausführungsbeispiel ist ein Halbleiterkörper 1 mit einer periodischen Anordnung von Ausnehmungen 2 sowie einem Vertikalemitter 13 mit einer Quantentopfstruktur 7 und einer Pumpstrahlungsquelle 20 vorgesehen, wobei die von der Pumpstrahlungsquelle 20 erzeugte Pumpstrahlung 21 mittels eines Wellenleiters 22 in die Quantentopfstruktur 7 des Vertikalemitters 13 eingekoppelt wird. Dieser Wellenleiter 22 wird durch einen streifenartigen gewinkelten Bereich gebildet, in dem die periodische Anordnung von Ausnehmungen ausgespart ist bzw. der seitlich von der periodischen Anordnung von Ausnehmungen begrenzt wird. Diese gewinkelte Ausführung eines Wellenleiters 22 unter lateraler Begrenzung durch die genannte periodische Anordnung von Ausnehmungen zeichnet sich durch geringe Strahlungsverluste der Pumpstrahlung 21 aus. Weiterhin sind auch andere Wellenleiterformen und -verläufe ohne besonderen technischen Aufwand durch entsprechend geformte Aussparungen in der periodischen Anordnung von Ausnehmungen herstellbar.

Figur 7 zeigt ein viertes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen optisch gepumpten Halbleitervorrichtung mit einer Mehrzahl von Pumplasern 16a, 16b...16m, die gemeinsam eine Quantentopfstruktur 7 eines zentral ausgebildeten Vertikalemitters 13 pumpen. In dem Halbleiterkörper 1 ist wie bei den vorigen Ausführungsbeispielen eine periodische Anordnung von Ausnehmungen 2 gebildet, die jeweils längs des Resonators der Pumplaser 16a, 16b...16m in einem streifenartigen Bereich ausgespart ist. Die Pumplaser 16a, 16b...16m sind dabei teilweise geradlinig wie bei dem in Figur 2 gezeigten Ausführungsbeispiel und teilweise gekrümmt bzw. gewinkelt entsprechend dem in Figur 5 dargestellten Ausführungsbeispiel ausgebildet.

Auf diese Art und Weise können mehrere Pumplaser platzsparend angeordnet werden. Zugleich wird die Pumpstrahlung effizient in die Quantentopfstruktur des Vertikalemitters eingekoppelt. Hierzu ist insbesondere die teilweise gekrümmte oder  
5 gewinkelte Ausführung der Pumplaser vorteilhaft.

Die Erläuterung der Erfindung anhand der gezeigten Ausführungsbeispiels stellt selbstverständlich keine Einschränkung der Erfindung hierauf dar. Vielmehr können  
10 einzelne Elemente und Aspekte der Ausführungsbeispiele im Rahmen der Erfindung kombiniert werden.

Patentansprüche

1. Halbleiterlaser mit einem Halbleiterkörper (1), der eine periodische Anordnung von Ausnehmungen (2) aufweist oder in  
5 dem eine periodische Anordnung von Halbleiterbereichen gebildet ist,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die von dem Halbleiterlaser generierte Strahlung innerhalb  
der periodischen Anordnung nicht ausbreitungsfähig ist, wobei  
10 der Resonator (3) des Halbleiterlasers in lateraler Richtung von der periodischen Anordnung ausgespart ist.

2. Halbleiterlaser nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
15 der Resonator (3) eine abgewinkelte oder gekrümmte Resonatorachse aufweist.

3. Halbleiterlaser nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
20 die Ausnehmungen (2) mit einem Füllmaterial gefüllt sind, dessen Brechungsindex sich von dem Brechungsindex des Halbleiterkörpers (1) unterscheidet.

4. Halbleiterlaser nach Anspruch 1 oder 2,  
25 dadurch gekennzeichnet, daß  
die Halbleiterbereiche jeweils an ein Füllmaterial grenzen, dessen Brechungsindex sich von dem Brechungsindex der Halbleiterbereiche unterscheidet.

30 5. Optisch gepumpte Halbleitervorrichtung mit einem Vertikalemitter (13), der eine Quantentopfstruktur (7) umfaßt,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die Quantentopfstruktur (7) des Vertikalemitters (13) von  
35 mindestens einem Halbleiterlaser nach einem der Ansprüche 1 bis 4 optisch gepumpt wird.



6. Optisch gepumpte Halbleitervorrichtung nach Anspruch 5,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die Quantentopfstruktur (7) des Vertikalemitters (13) von  
einer Mehrzahl von Halbleiterlasern (16a bis 16m) gemäß den  
5 Ansprüchen 1 bis 4 gepumpt wird, wobei mindestens einer  
dieser Halbleiterlaser einen Resonator mit einer  
abgewinkelten oder gekrümmten Resonatorachse aufweist.

10 7. Optisch gepumpte Halbleitervorrichtung mit einem Vertikal-  
emitter (13), der eine Quantentopfstruktur (7) umfaßt, und  
einer Pumpstrahlungsquelle (20), die Strahlung zum optischen  
Pumpen der Quantentopfstruktur (7) erzeugt,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
15 die Pumpstrahlung (21) mittels eines Wellenleiters, der  
lateral zumindest teilweise von einer periodischen Anordnung  
von Ausnehmungen oder Halbleiterbereichen begrenzt ist,  
derart, daß die Pumpstrahlung innerhalb dieser Anordnung  
nicht ausbreitungsfähig ist, in die Quantentopfstruktur (7)  
eingekoppelt wird.

20

8. Optisch gepumpte Halbleitervorrichtung nach Anspruch 7,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die Ausnehmungen (2) mit einem Füllmaterial gefüllt sind,  
dessen Brechungsindex sich von dem Brechungsindex des  
25 Halbleiterkörpers unterscheidet.

9. Optisch gepumpte Halbleitervorrichtung nach Anspruch 7,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die Halbleiterbereiche jeweils an ein Füllmaterial grenzen,  
30 dessen Brechungsindex sich von dem Brechungsindex der  
Halbleiterbereiche unterscheidet.

10. Optisch gepumpte Halbleitervorrichtung nach einem der  
Ansprüche 7 bis 9,  
35 dadurch gekennzeichnet, daß  
die Pumpstrahlungsquelle ein Halbleiterlaser nach einem der  
Ansprüche 1 bis 4 ist.

11. Optisch gepumpte Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 10,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß

- 5 der Vertikalemitter (13) und der Halbleiterlaser bzw. die Pumpstrahlungsquelle (20) auf einem gemeinsamen Substrat (8) epitaktisch aufgewachsen sind.

Zusammenfassung

Halbleiterlaser und optisch gepumpte Halbleitervorrichtung

- 5 Die Erfindung bezieht sich auf einen Halbleiterlaser mit  
einem Halbleiterkörper (1), der eine periodische Anordnung  
von Ausnehmungen (2) aufweist oder in dem eine periodische  
Anordnung von Halbleiterbereichen gebildet ist, so daß von  
dem Halbleiterlaser generierte Strahlung innerhalb dieser  
10 periodischen Anordnung nicht ausbreitungsfähig ist, wobei der  
Resonator (3) des Halbleiterlasers in lateraler Richtung von  
der periodischen Anordnung ausgespart ist. Weiterhin bezieht  
sich die Erfindung auf eine optisch gepumpte  
Halbleitervorrichtung mit einem Vertikalemitter (13), der  
15 eine Quantentopfstruktur (7) umfaßt, die mit einem derartigen  
Halbleiterlaser gepumpt wird oder in die mit einem  
entsprechenden Wellenleiter (22) die Pumpstrahlung einer  
Pumpstrahlungsquelle eingekoppelt wird.

20 Figur 2

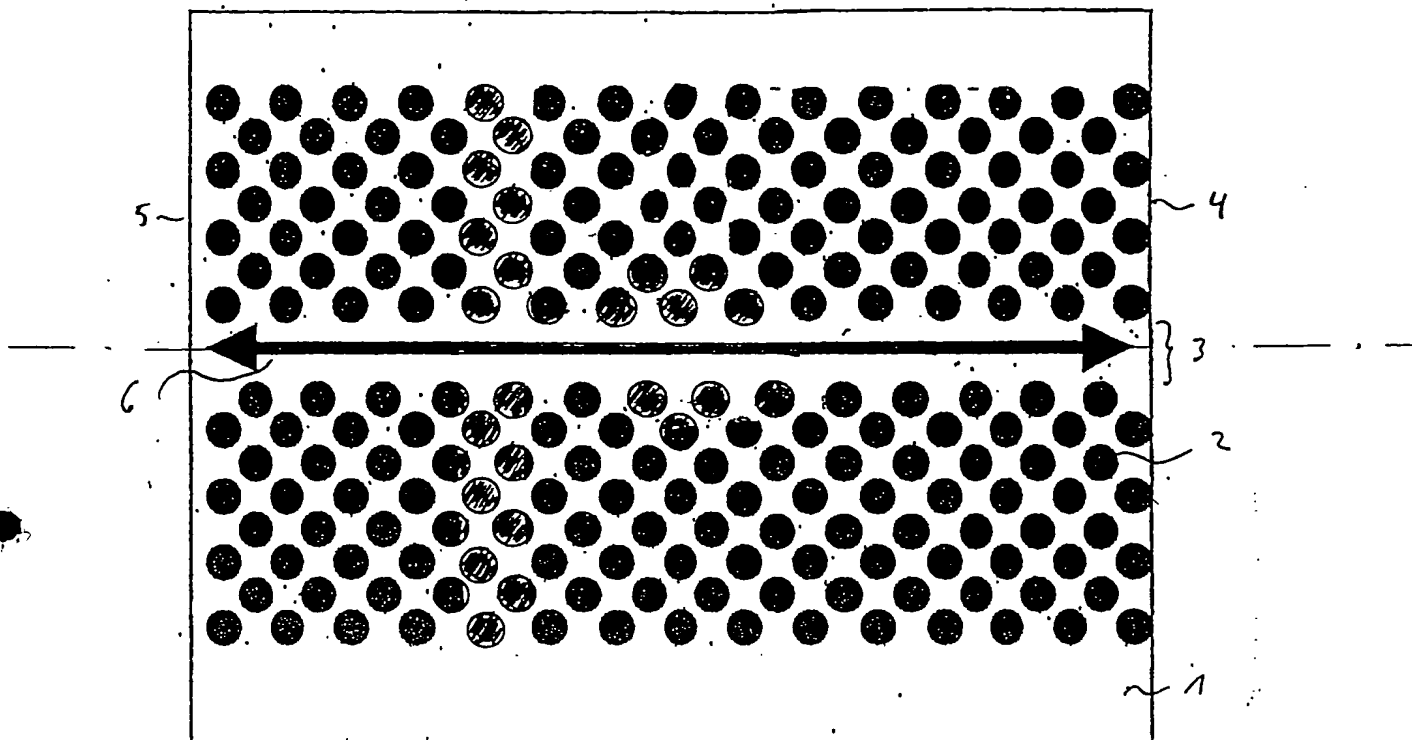
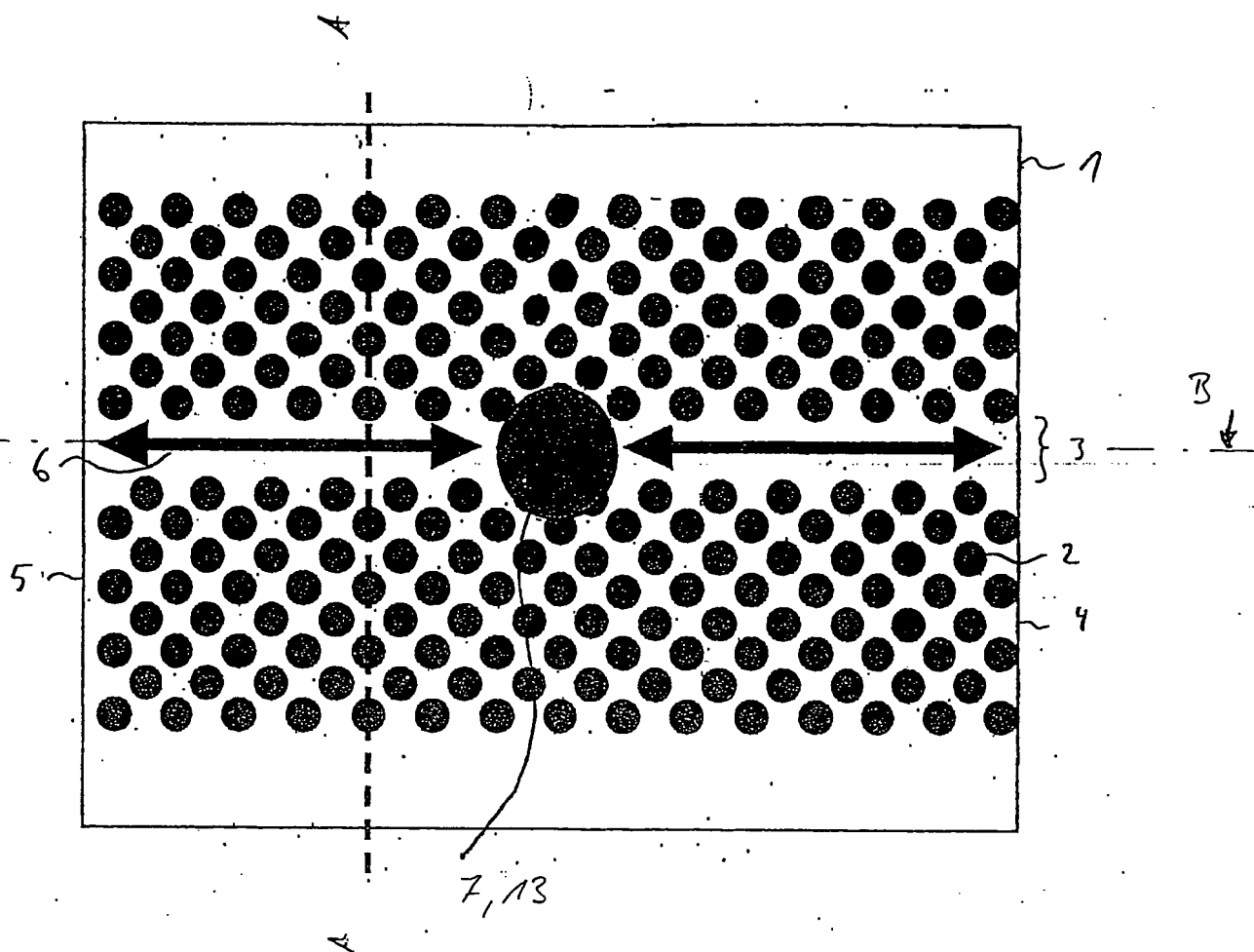
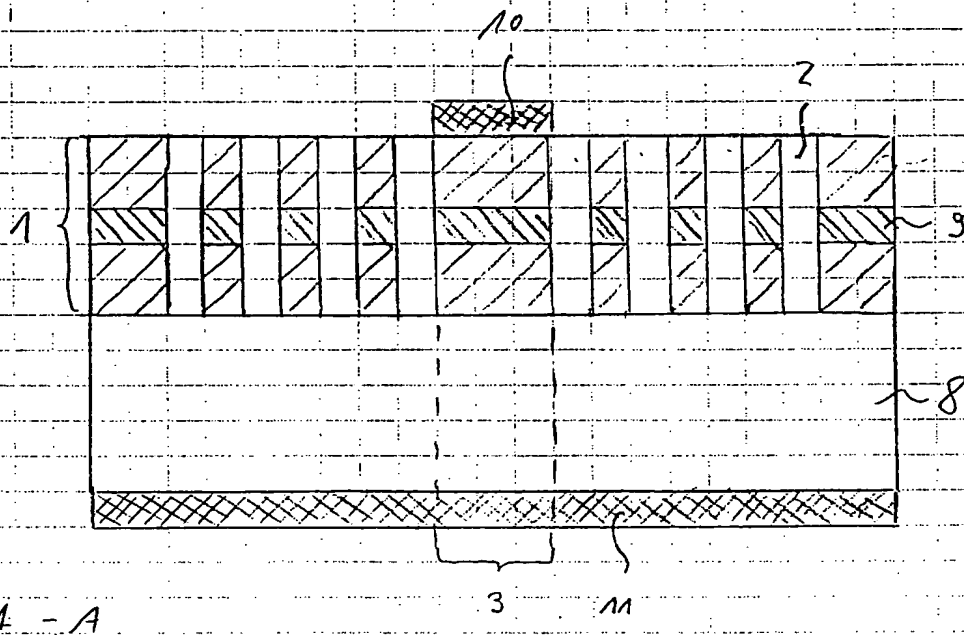


FIG 2



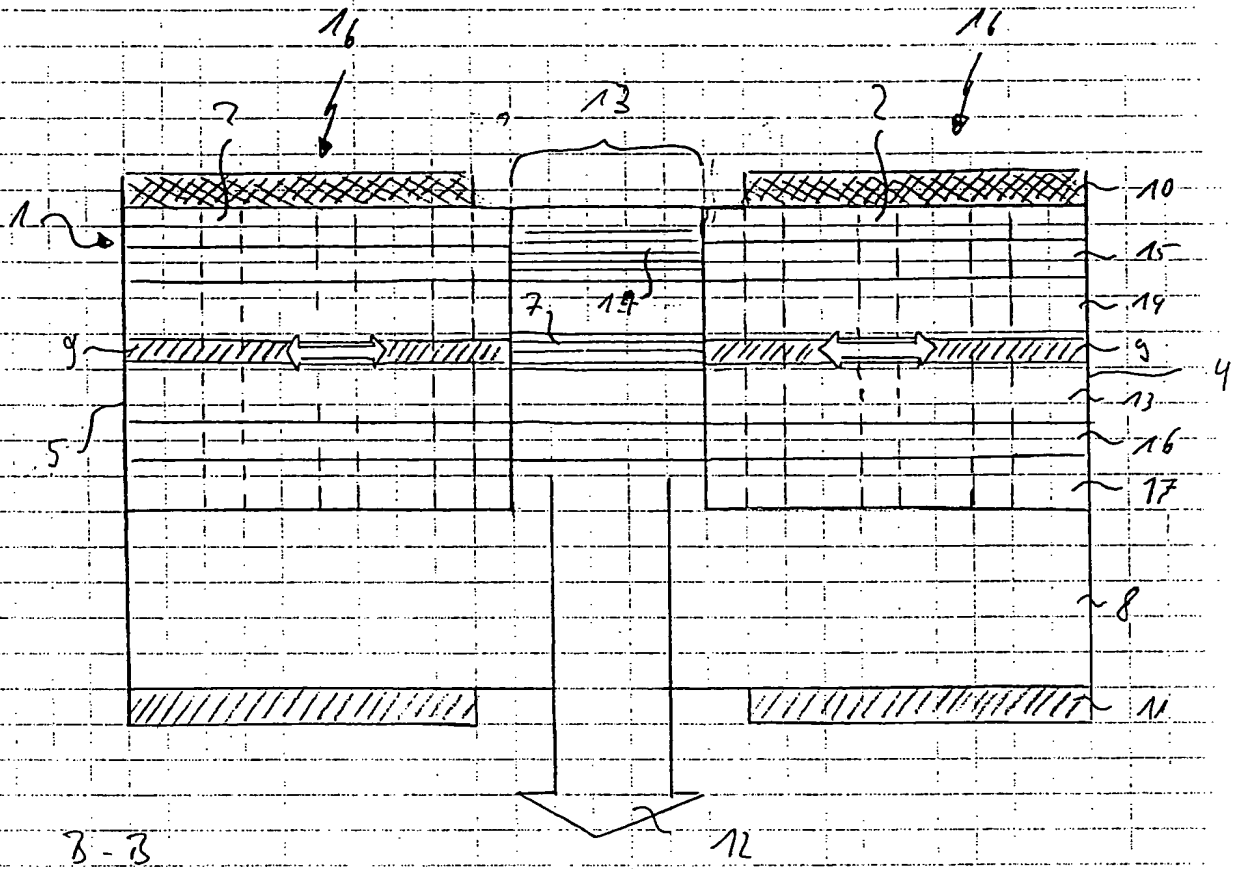
P2003-0119 DE NA

FIG 13



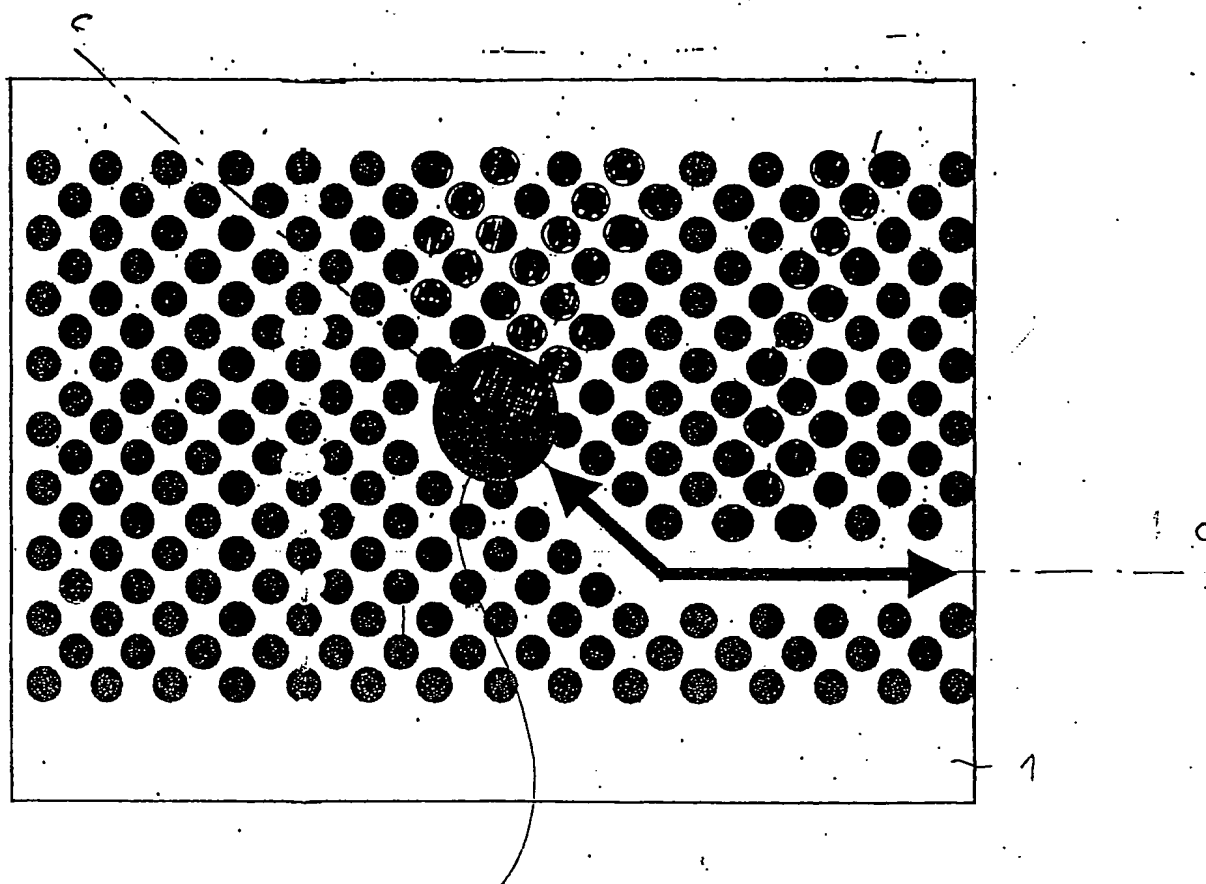
P2003, 0119 DE N1

FIG. 4



15

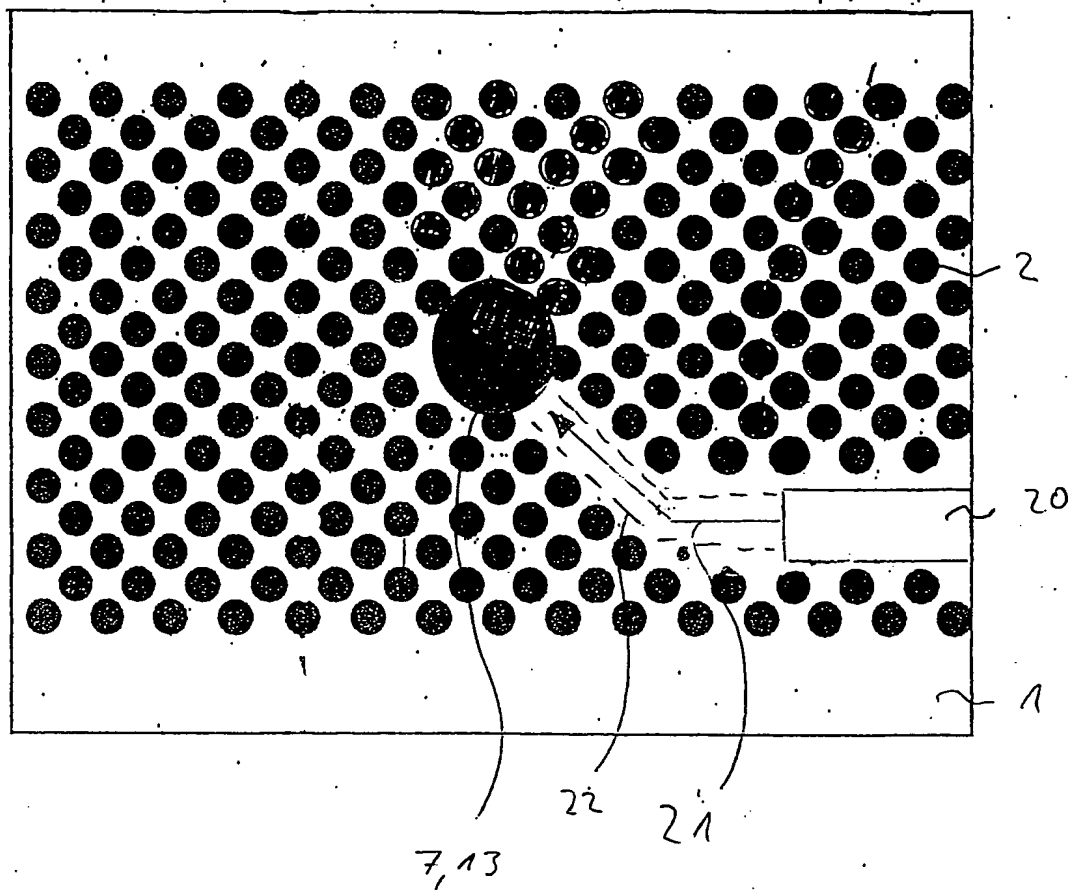
FIG 5



7, 13



FIG 6



P2003, 0.11.9 DENA

FIG 2

